

УДК 674.8: 66.021.2.081.3

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ МЯГКОЛИСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. Л. ЮРЬЕВ – доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой химической технологии древесины,  
биотехнологии и наноматериалов,  
e-mail: charekat@mail.ru\*

Т. М. ПАНОВА – доцент кафедры химической технологии древесины,  
биотехнологии и наноматериалов,  
e-mail: ptm55@yandex.ru\*

Н. А. ДРОЗДОВА – кандидат технических наук,  
ведущий эколог МУП ЖКХ «Сысертское»,  
624022, Россия, Свердловская область, г. Сысерть,  
ул. Коммуны, 48, e-mail: drozdova-na@mail.ru

\* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

**Ключевые слова:** мягколиственная древесина, пиролиз, брикеты, активные угли, окисленный уголь, наносистемы.

Площадь, занимаемая в РФ мягколиственными породами, приближается к 150 млн га. В период 2005–2010 гг. площадь, занимаемая березой, увеличилась на 16 %, а площадь, занятая осиной, выросла на 14 %. Эти породы, в отличие от хвойных, имеют ограниченный сбыт, поэтому проблема их переработки является весьма актуальной для лесопромышленного комплекса РФ.

Нами предложена технология получения углеродных материалов из мягколиственной древесины, которая складывается из стадий пиролиза, брикетирования угля, активации водяным паром, окисления активного угля типа БАУ горячим воздухом.

Наши опытные данные по извлечению железа и цинка из отработанного травильного раствора цинкового производства на Северском трубном заводе с применением окисленного угля показали ступенчатый характер изменения концентраций катионов. Данное явление можно объяснить только тем, что они сначала заполняют микропоры древесного окисленного угля по механизму объемного заполнения, а затем проходит послойное заполнение мезопор. Поскольку выяснено, что свойства окисленного древесного угля зависят от размера пор, то он относится к наноматериалам.

По работе сделаны выводы:

- применение повышенной конечной температуры пиролиза нивелирует выход и качество угля из различных видов мягколиственной древесины;
- при использовании дисперсного сырья для пиролиза необходима организация производства древесно-угольных брикетов;
- активация водяным паром угля из мягколиственной древесины позволяет получить активные угли типа БАУ;
- углеродные материалы на основе древесного угля имеют свойства наносистем.

## NANOPOROUS CARBON MATERIALS PRODUCTION FROM SOFTWOOD TIMBER

Y. L. YURYEV – doctor of engineering sciences, Professor,  
Head of the Department of chemical technology of wood,  
biotechnology and nano-materials,  
e-mail: charekat@mail.ru\*

T. M. PANOVA – Associate Professor, Department of chemical  
technology of wood, biotechnology and nano-materials,  
e-mail: ptm55@yandex.ru\*

N. A. DROZDOVA – candidate of engineering sciences, ecologist,  
municipal unitary enterprise of housing and communal services «Sysertscoe»,  
Communes, 48, Sysert, Sverdlovsk oblast,  
Russia, 624022, e-mail: drozdova-na@mail.ru

\* Ural State Forest Engineering University,  
620100, Russia, Yekaterinburg, Sibirskiy Trakt, 37

**Keywords:** *softwood timber, pyrolysis, briquettes, active chsrcoal, oxidized charcoal, nanosystems.*

The area occupied by the species of softwood timber in Russia, is approaching 150 million hectares. In the period 2005–2010 y. birch area increased by 16 %, and the aspen area increased by 14 %. Given that these rocks, unlike conifers, have limited distribution, the problem of recycling is very relevant to the timber industry of the Russian Federation.

We offered technology of carbon materials from softwood timber, which consists of the stages of pyrolysis, charcoal briquetting, steam activation, oxidation of the active coal BAU type hot air.

Our experienced data to extract iron and zinc from spent pickling solution by the process of applying zinc to the surface at Seversky Tube Works with application of oxidized charcoal showed stepped nature of the cation concentrations. This phenomenon can only be explained by the fact that they first fill the micropores of charcoal oxidized on the 3-d shading, and then passes the layer filling mesopores. Because the found that the properties of oxidized charcoal depends on the size of the pores, it applies to Nanosystems.

Conclusions: application of high end temperature pyrolysis reduces yield and quality of charcoal from different types of softwood timber ; using the raw materials needed for pyrolysis of a dispersed organization of production of charcoal briquettes; activation of steam coal from softwood timber lets get active charcoal type BAU; charcoal based materials have properties of Nanosystems.

Площадь, занимаемая в РФ мягколиственными породами, приближается к 150 млн га [1]. Динамика этих изменений показана в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что в период 2005–2010 гг. площадь,

занимаемая березой, увеличилась на 16 %, а площадь, занятая осиной, выросла на 14 %. Так как эти породы, в отличие от хвойных, имеют ограниченный сбыт, проблема их переработки является весьма актуаль-

ной для лесопромышленного комплекса РФ.

Запасы древесины мягколиственных пород в Уральском федеральном округе показаны в табл. 2.

Таблица 1

Площадь, занимаемая в РФ мягколиственными породами, млн га

Порода	1988	1993	1998	2003	2005	2010
Береза	85,5	87,7	94,2	98,0	99,7	115,7
Осина	17,7	18,9	20,0	20,6	20,8	23,7

Таблица 2

Запас древесины мягколиственных пород в Уральском ФО, млн м<sup>3</sup>

Субъект Российской Федерации	Общий запас	В т. ч. береза		В т. ч. осина	
		Значение	%	Значение	%
Уральский округ	7385	1639	22	364	5
Курганская область	165	88	53	10	15
Свердловская область	1707	490	29	88	5
Тюменская область	730	337	46	60	8
Челябинская область	392	183	47	28	7
Ханты-Мансийский АО	3200	456	14	173	2
Ямало-Ненецкий АО	1188	83	7	2	0

Как видно из данных табл. 2, около половины всех запасов древесины в Курганской, Тюменской и Челябинской областях составляет береза. В Курганской области весьма значительная доля запасов древесины представлена осиной.

Переработка мягколиственной древесины на продукцию ЦБП возможна, но сопряжена с крупными вложениями капитала и сравнительно длинными сроками возврата инвестиций, поэтому именно такое направление развития переработки мягколиствен-

ной древесины в ближайшие годы маловероятно.

Более реален, по нашему мнению, вариант переработки мягколиственной древесины путем пиролиза. Для пиролиза можно использовать различное древесное сырьё, в том числе и невысокого качества [2, 3, 4]. Основным продуктом пиролиза – древесный уголь – имеет широкую сферу применения. На его основе возможно производство таких углеродных нанопористых материалов, как активные угли или окисленный уголь.

На рис. 1 показан выход угля в промышленном диапазоне температур пиролиза при использовании разных видов мягколиственной древесины – спелой осины, спелой березы и тонкомерной березы. Из рис. 1 можно видеть, что с увеличением конечной температуры пиролиза различие в выходе угля для разных видов сырья сглаживается.

При использовании для пиролиза сырья с низкой плотностью и механической прочностью, например осины, или при переработке мелкого сырья образуется

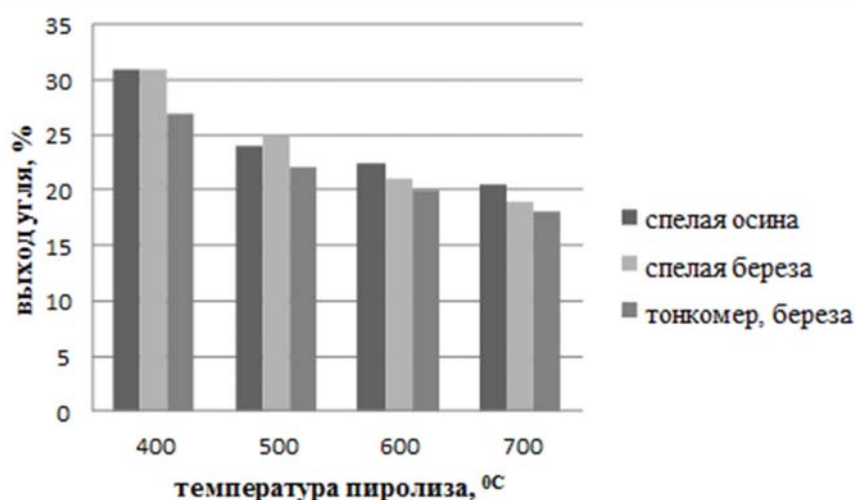


Рис. 1. Выход угля из разных видов мягколиственной древесины

большое количество древесно-угольной мелочи. При использовании такого сырья, как стружка, щепа или опилки, весь получаемый уголь может не соответствовать требованиям ГОСТ 7657, где ограничивается содержание фракции размером менее 15 мм. В этом случае необходима организация производства древесно-угольных брикетов. Брикеты выгодно отличаются от древесного угля тем, что их свойства можно регулировать [5], они имеют повышенную плотность и прочность, выдерживают перевозку на большие расстояния [6, 7, 8].

Нами проведены исследования процессов активации угля из мягколиственной древесины [9, 10], предложена технология

активации водяным паром с применением оригинального аппарата для активации [11]. Использование такой технологии обеспечивает получение активных углей типа БАУ стандартного качества. При переработке, например, угля из спелой березовой древесины выход активного угля составляет 68% при удельном расходе пара на активацию 1,4 кг пара/кг угля. При активации угля из березового тонкомера эти показатели составляют 66% и 1,2 кг/кг соответственно.

Нами предложена технология окисления активного угля типа БАУ горячим воздухом. Получаемый при этом окисленный уголь имеет достаточно обширную сферу применения [12].

Наши опытные данные по извлечению железа и цинка из отработанного травильного раствора цинковального производства на Северском трубном заводе с применением окисленного угля представлены на рис. 2.

Из рис. 2 виден ступенчатый характер изменения концентраций катионов, особенно заметный для  $Zn^{2+}$ . Данное явление можно объяснить только тем, что они сначала заполняют микропоры древесного окисленного угля по механизму объемного заполнения, а затем проходит послойное заполнение мезопор. Поскольку выяснено, что свойства окисленного древесного угля зависят от размера пор, то он относится к наноматериалам.

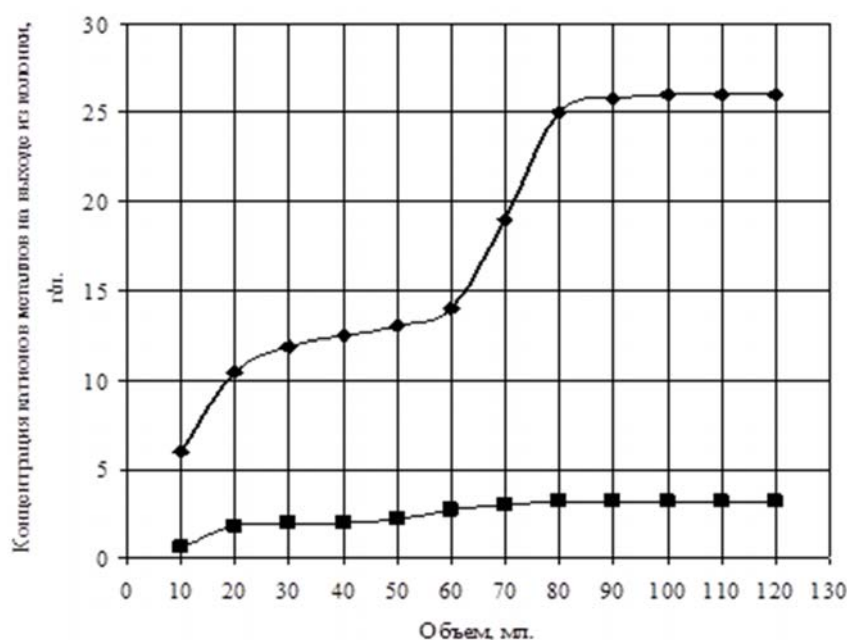


Рис. 2. Характер сорбции катионов  $Zn^{2+}$  (кривая 1) и  $Fe^{2+}$  (кривая 2)

#### Выводы:

- применение повышенной конечной температуры пиролиза нивелирует выход и качество угля из различных видов мягколиственной древесины;

- при использовании дисперсного сырья для пиролиза необходима организация производства древесноугольных брикетов;
- активация водяным паром угля из мягколиственной древе-

сины позволяет получить активные угли типа БАУ;

- углеродные материалы на основе древесного угля имеют свойства наносистем.

*Библиографический список*

1. <http://www.lesonline.ru/n/39b4b>
2. Энерго- и ресурсосбережение при утилизации отработанных деревянных шпал методом пиролиза / Т. Д. Исхаков, А. Н. Грачев, В. Н. Башкиров, Р. Г. Сафин // Изв. высш. учеб. заведений. Проблемы энергетики. 2008. № 11–12. С. 16.
3. Штеба Т. В. Получение активных углей из березовой щепы различного качества: дис. ... канд. техн. наук / Штеба Татьяна Валерьевна. Екатеринбург, 2004. 168 с.
4. Юрьев Ю. Л., Солдатов А. В. Термохимическая переработка древесины в условиях лесопромышленного предприятия // Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. жур. 2005. № 3. С. 113–118.
5. Юрьев Ю. Л., Марков И. И., Шагеев Р. Б. Зависимость свойств древесноугольных брикетов от породы древесины и условий брикетирования // Гидролизная и лесохим. пром-сть. 1985. № 4. С. 11–12.
6. Пономарев О. С., Юрьев Ю. Л. Экономическая эффективность производства древесноугольных брикетов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: тр. V междунар. евразийского симпозиума. Екатеринбург, 2010. С. 154–157.
7. Пат. 118960 Российская Федерация, МПК<sup>9</sup> С 10 В 53/00. Установка для производства древесного угля и шихты / О. С. Пономарев, Ю. Л. Юрьев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет». № 2012106263/04; заявл. 21.02.12; опубл. 10.08.12, Бюл. № 22.
8. Пономарев О. С., Гиндулин И. К., Юрьев Ю. Л. Варианты производства древесноугольных брикетов // Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. жур. 2013. № 1 (331). С. 107–111.
9. Дроздова Н. А., Юрьев Ю. Л. Активация березового и осинового угля // Вестник Казан. технолог. ун-та. 2012. Т. 15. № 13. С. 147–148.
10. Дроздова Н. А., Юрьев Ю. Л. Изучение сорбционных свойств активного угля в статических условиях // Вестник Казан. технолог. ун-та. 2013. Т. 16. № 19. С. 83–84.
11. Пат. 2051097 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> С 01 В 31/10, C23C8/00. Способ активации карбонизованных материалов / С. А. Панюта, Ю. Л. Юрьев, Т. Е. Стахровская, И. И. Шишко; заявитель и патентообладатель Урал. науч.-исслед. хим. ин-т науч.-производ. объединения «Кристалл»; № 92008212/02; заявл. 25.11.92; опубл. 27.12.95.
12. Юрьев Ю. Л. Технология лесохимических производств. Ч. 1: Пиролиз древесины. Екатеринбург, 1997. 99 с.

*Bibliography*

1. <http://www.lesonline.ru/n/39b4b>
2. Energy and resource saving in the recycling of used wooden sleepers by pyrolysis / T. D. Iskhakov, A. N. Grachev, V. N. Bashkirov, R. G. Safin // Proceedings of higher educational establishments. Energy problems. 2008. № 11–12. P. 16.
3. Shteba T. V. Getting active charcoals from Birch wood chips of varying quality: Diss. ... Cand. Tech. Science / Shteba Tatyana Valerievna. Yekaterinburg, 2004. 168 p.
4. Yuryev Y. L., Soldatov A. V. Thermochemical processing of wood in conditions of forestry enterprise // Forest magazine. 2005. № 3. P. 113–118.
5. Yuryev Y. L., Markov I. I., Shageev R. B. Dependency properties of charcoal briquettes from wood species and conditions of briquetting // Hydrolysis and Wood-chemistry Industry. 1985. №. 4. P. 11–12.
6. Ponomarev O. S., Yuryev Y. L. Production efficiency by charcoal briquettes // Woodworking: technologies, equipment, management of the twenty-first century writings of V International Euroasian Symposium, Ural State Forest Engineering University. Yekaterinburg, 2010. P. 154–157.

7. Pat. 118960 Russian Federation. Plant for the production of charcoal and blend. Ponomarev O. S., Yuryev Y. L. Feb. 21, 2012.
  8. Ponomarev O. S., Gindulin I. K., Yuryev Y. L. Variations produced by charcoal briquettes // Forest magazine. 2013. № 1 (331). P. 107–111.
  9. Drozdova N. A., Yuryev Y. L. Activation of birch and aspen charcoal // Bulletin of the Technological University of Kazan. 2012. Vol. 15. No. 13. P. 147–148.
  10. Drozdova N. A., Yuryev Y. L. Study of the sorption properties of active charcoal under static conditions // Bulletin of the Technological University of Kazan. 2013. Vol. 16. No. 19. P. 83–84.
  11. Pat. 2051097 Russian Federation. The method of activating the carbonized materials. Panyuta S. A., Yuryev Y. L., Stakhrovskaja T. E., Shishko I. I. Nov. 25, 1992.
  12. Yuryev Y. L. Technology wood-chemical industry. Part 1: Pyrolysis of wood. Yekaterinburg, 1997. 99 p.
-